

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 40 441 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 15 B 21/08**  
G 05 D 7/03  
G 05 D 16/14

②1 Aktenzeichen: 195 40 441.6  
②2 Anmeldetag: 27. 10. 95  
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 97

⑦1 Anmelder:  
Schubert & Salzer Control Systems GmbH, 85055  
Ingolstadt, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Canzler, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 85055 Ingolstadt

⑦2 Erfinder:  
Lange, Rainer, Dr., 86663 Neuburg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 44 17 153 C1  
DE 44 15 055 C1  
DE 44 15 054 C1  
DE 38 38 353 A1  
US 51 90 068  
WO 95 06 276 A1

EBERTSHÄUSER, H.: Fluidtechnik von A bis Z,  
Vereinigte Fachverlage, Krausskopf/Ingenieur-  
Digest, Mainz 1989, S.183,184,207,208;  
STEIN, J.: Induktives Wegmeßsystem. In: o + p  
öhydraulik und pneumatik 32, 1988, Nr.10, S.702-704;  
Finanziert sich selbst. In: fluid, März 1992, S.52;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Mikroprozessorgesteuerter Stellungsregler

⑤7 Zur Steuerung von Ventilen in Anlagen werden Stellungs-  
regler benutzt, um den Hub oder die Öffnung des Stellventils  
entsprechend einer Vorgabe zu positionieren. Für die Genau-  
igkeit der Stabilität und Regelgüte des Regelkreises der  
Anlage, in die das Ventil als Stellglied eingesetzt ist, ist es  
wünschenswert, daß gleiche Hubänderungen zu gleichen  
Durchflußänderungen führen. Durch Erzeugung einer Nicht-  
linearität zwischen dem Stellsignal und der Ventilöffnung  
wird eine Linearität zwischen Stellsignal und Durchflußmen-  
ge erzielt. Dabei wird für die Erreichung eines bestimmten  
Öffnungshubes das erforderliche Stellsignal so gewählt, daß  
eine lineare Funktion zwischen der Durchflußmenge und  
dem Stellsignal entsteht. Das so ermittelte Stellsignal wird  
dem Stellungsregler zur Steuerung des Ventils eingegeben.  
Der Stellungsregler wird hierfür mit einer Mikroprozessor-  
schaltung ausgerüstet, die die Ergebnisse der Ermittlung der  
Betriebskennlinie der Anlage erfaßt und verarbeitet.

DE 195 40 441 A 1

DE 195 40 441 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 018/427

11/24

## Beschreibung

Zur Steuerung von Ventilen in Anlagen werden Stellungsregler benutzt, um den Hub oder die Öffnung  $h$  des Stellventiles entsprechend einer Vorgabe zu positionieren. Diese Vorgabe besteht in der Regel in einer bestimmten gewünschten Durchflußmenge  $Q$ . Störende Störungs- und Reibungskräfte in der Strömung sollen dabei weitgehend ausgeschaltet werden. Einer bestimmten Öffnung  $h$  des Ventiles ist somit eine bestimmte Durchflußmenge  $Q$  zugeordnet. Diese Beziehung  $Q(h)$  wird üblicherweise Betriebskennlinie genannt.

Um die für eine gewünschte Durchflußmenge  $Q$  entsprechende Ventilöffnung  $h$  zu erhalten, wird eine Stellgröße  $w$  als elektrisches Stromsignal in den Stellungsregler eingespeist und mit der aktuellen Öffnungs- bzw. Hubposition  $h$  des Ventils verglichen. Je nach dem Ergebnis dieses Vergleichs wird dann dem pneumatischen Stellantrieb des Ventils eine pneumatische oder mechanische Stellkraft zugeführt, bis Stell- und Regelgröße (Soll-/Istwert) übereinstimmen.

Die gängigen Stellungsregler sind meist nach elektromechanischen Prinzipien aufgebaut. Der Hub  $h$  bzw. die Öffnung des Ventils wird dabei mechanisch erfaßt, z. B. über eine Hebelanlenkung und in den Stellungsregler zurückgeführt.

Neuere Konstruktionen ersetzen das elektromechanische System durch elektronische Komponenten, wobei auch Mikroprozessoren Anwendung finden. Die Ventilöffnung  $h$  wird dabei in eine elektrische Größe umgeformt, z. B. durch ein Potentiometer, und in geeigneter Weise, z. B. über die Prozessor-Software, mit der Führungsgröße verglichen. Diese Stellungsregler arbeiten als ein mikroprozessorgesteuertes System wie folgt: Die Führungsgröße  $w$  wird als Strom- oder Spannungssignal vorgegeben, beispielsweise von einem Prozeßrechner oder auch Prozeßregler, der die Stellgröße  $w$ , d. h. der Signale zur Ansteuerung des Ventils, über einen in der mikroprozessorgesteuerten Schaltung des Rechners gebildeten Algorithmus (Rechenverfahren) errechnet. Die Verarbeitung der Signale als Führungs- und Regelgröße erfolgt über eine mikroprozessorgesteuerte Schaltung des Stellungsreglers. Schließlich wird der erreichte Hub  $h$  festgestellt und über ein Potentiometer oder ein berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem zurückgeführt.

Bekanntlich besitzt jedes Ventil durch seine Bauweise eine bestimmte Ventilkennlinie  $K_v(h)$ , die sich jedoch je nach den Widerständen und Betriebszuständen der Anlage, in die das Ventil eingebaut ist, zur Betriebskennlinie  $Q(h)$  verändert. Für die Genauigkeit, Stabilität und Regelgüte des Regelkreises der Anlage, in die das Ventil als Stellglied eingesetzt ist, wäre es jedoch wünschenswert, daß gleiche Hubänderungen zu gleichen Durchflußänderungen führen. Mit anderen Worten: Die Betriebskennlinie  $Q(h)$  des Systems sollte den Durchfluß  $Q$  als eine lineare Funktion des Hubes  $h$  zeigen, und zwar für alle Betriebszustände.

Man hat schon versucht, durch Drosselorgane, d. h. mechanisches Gestalten der Ventile, diese jeweils wenigstens näherungsweise an eine lineare Betriebskennlinie  $Q(h)$  heranzuführen. Dies ist jedoch äußerst aufwendig. Vor allen Dingen ist die konstruktiv einmal festgelegte Gestalt des Ventils immer nur für einen bestimmten Betriebszustand geeignet, eine lineare Betriebskennlinie zu bewirken. Bei anderen Betriebszuständen und auch in anderen Anlagen muß dieses Ventil erneut konstruktiv angepaßt werden. Im übrigen erhält man

auf diese Weise nur näherungsweise ein lineares Verhalten.

Aufgabe der Erfindung ist es, auf einfache Weise eine lineare Betriebskennlinie für ein bestimmtes System, in das ein Ventil eingebaut ist, zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Nichtlinearität zwischen dem Stellsignal und der Ventilöffnung erzeugt wird, und zwar in der Weise, daß Linearität zwischen Stellsignal und Durchflußmenge entsteht. Zur Steuerung eines in eine Anlage integrierten Ventiles wird die (nichtlineare) Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage festgestellt und in eine lineare Funktion  $Q(f)$  umgewandelt. Dies kann durch Zwischenschaltung eines gezielt nichtlinear wirkenden mechanischen oder elektronischen Übertragungselementes zwischen das Stellsignal  $w$  und den Stellungsregler (Ventilantrieb) erfolgen oder auch dadurch, daß das für die Erreichung eines bestimmten Öffnungshubes  $h$  erforderliche Stellsignal  $w$  so gewählt wird, daß eine lineare Funktion  $Q(w)$  entsteht, und das so ermittelte Stellsignal  $w$  dem Stellungsregler zur Steuerung des Ventiles eingegeben wird.

Die Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage kann auf verschiedene Weise ermittelt werden, beispielsweise einfach durch direkte Messung des Durchflusses  $Q$  als Funktion der Ventilöffnung  $h$ .

Eine andere Art der Ermittlung erfolgt über die Messung des Eingangsdruckes  $p_1$  vor dem Ventil und des Ausgangsdruckes  $p_2$  nach dem Ventil als Funktion der Ventilöffnung  $h$ , wobei aus dieser Druckdifferenz unter Einbeziehung der Werte aus der jedem Ventil eigenen Kennlinie  $K_v(h)$  die Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage rechnerisch ermittelt wird. Diese Verfahrensweise hat den Vorteil, daß die Ermittlung der Betriebskennlinie  $Q(h)$  einer Anlage unter Verwendung eines Rechners automatisiert werden kann, so daß sich die Anlage jeweils auf die Betriebsbedingungen und/oder das verwendete Stellventil von selbst einstellt.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der Figuren erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die Anwendung der Erfindung bei einer mit einem flüssigen Medium betriebenen Anlage;

Fig. 2 die Anwendung der Erfindung bei einer mit einem gasförmigen Medium betriebenen Anlage;

Fig. 3 Aufsicht des Stellungsreglers;

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Ausführung eines Ventils mit Stellantrieb.

Fig. 5 bis 7 die verschiedenen Meßfunktionen und Kennlinien der Anlage;

Fig. 8 das Prinzipschaltbild eines induktiv arbeitenden Hubsensors gemäß der Erfindung

Fig. 9 den Stellungsregler mit einer anderen Ausführung eines berührungslos arbeitenden Hubsensors.

Anhand eines Beispiels wird das erfindungsgemäße Verfahren sowie Vorrichtungen zu seiner Durchführung näher beschrieben.

Die Anlage gemäß Fig. 1 besteht aus einem Ventil 1, einem Wärmetauscher 2 als Verbrauchswiderstand und einer Pumpe 3, welche den Strömungskreislauf des Mediums in der Anlage bewirkt. Das Ventil 1 ist mit einem Stellungsregler 6 verbunden, dem wiederum zur Steuerung ein Mikroprozessor bzw. Prozeßregler 5 vorgeschaltet ist. Vor und nach dem Ventil 1 sind Drucksensoren 7 und 8 angeordnet, um die Drücke  $p_1$  und  $p_2$  zu ermitteln.

In einem Behälter 4 soll die Temperatur  $T$  geregelt werden. Diese wird durch den Prozeßrechner 5 erfaßt, dort mit einem Sollwert  $T_s$  verglichen und das Stellsig-

gnal  $w$  für das Ventil ermittelt. Dieses Stellsignal wird dem Stellungsregler 6 des Ventils zugeführt, der mit einer Mikroprozessor- bzw. Rechnerschaltung ausgerüstet ist.

Da in dieser Anlage eine Flüssigkeitsströmung vorliegt, und quadratisches Widerstandsverhalten ( $\Delta p \approx Q^2$ ) aller Anlagenkomponenten unterstellt werden kann, kann die Betriebskennlinie  $Q(h)$  nach den Bernoullischen Gesetzen über die Druckmessungen  $p_1$  und  $p_2$  der Sensoren 7 und 8 mittels der Mikroprozessor- bzw. Rechnerschaltung des Stellungsreglers 6 errechnet werden.

Fig. 2 zeigt eine ähnliche Anlage wie in Fig. 1, lediglich mit dem Unterschied, daß statt der Pumpe 3 ein Dampfkessel 9 installiert ist. In gleicher Weise wie in der Anlage gemäß Fig. 1 soll in einem Behälter 4 die Temperatur  $T$  entsprechend der Temperaturvorgabe  $T_s$  geregelt werden. Zur Bestimmung der Betriebskennlinie  $Q(h)$  ist in dem Kreislauf der Rohrleitung 10 ein Durchflußmesser 17 angeordnet.

In der Regel ist die Betriebskennlinie  $Q(h)$  eines solchen Systems nichtlinear. Um die Regelgüte des Regelkreises dieses Systems zu verbessern, wird deshalb die nichtlineare Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage festgestellt und in eine lineare Funktion  $Q(f)$  umgewandelt (Fig. 5).

Dies kann auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. kann ein gezielt nichtlinear wirkendes mechanisches oder elektronisches Übertragungselement zwischen das Stellsignal  $w$  und den Stellungsregler 6 zwischengeschaltet werden. Dies kann beispielsweise eine entsprechend gestaltete Kurbelscheibe sein, deren Radien derart gestaltet sind, daß eine Linearität  $Q(f)$  entsteht. Es ist aber auch möglich, das zugehörige Stellsignal  $w$  zur Erreichung eines bestimmten Öffnungshubes  $h$  des Ventiles 1 so zu wählen, daß eine lineare Funktion  $Q(w)$  entsteht.

Am einfachsten erhält man die Betriebskennlinie  $Q(h)$  durch Messung des Durchflusses  $Q$  als Funktion der Ventilöffnung  $h$ . Es kann aber auch in der Weise vorgegangen werden, daß der Eingangsdruck  $p_1$  vor dem Ventil und der Ausgangsdruck  $p_2$  unmittelbar nach dem Ventil 1 als Funktion der Ventilöffnung  $h$  gemessen und unter Einbeziehung der Werte aus der Kennlinie  $K_v(h)$  des Ventiles 1 die Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage rechnerisch ermittelt wird.

Hierzu werden folgende Maßnahmen ergriffen:

1. Es wird das strömungsmechanische Widerstandsverhalten der Anlage mit dem eingebauten Stellventil ermittelt durch Messung der Drücke  $p_1$  und  $p_2$  vor und nach dem Ventil unter Zuordnung der jeweiligen Menge  $Q$ . Daraus ergeben sich zwei Kurven, die die Funktion  $p_1(Q)$  und  $p_2(Q)$  darstellen (Fig. 6).

2.a) Als nächster Schritt erfolgt mit Hilfe der Bernoullischen Beziehung  $\Delta P \approx Q^2$  die rechnerische Ermittlung der Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage, welche den Zusammenhang zwischen der Ventilöffnung  $h$  und der jeweiligen Durchflußmenge  $Q$  darstellt unter Berücksichtigung der durch das verwendete Ventil vorgegebenen Ventilkennlinie, oder

b) bei Nicht-Bernoullischem Widerstandsverhalten der Anlage (Fig. 2) und/oder des Ventils, wie es z. B. bei Gasen, laminaren Strömungen, Kavitationsvorgängen u. a. Betriebszuminaren Strömungen, Kavitationsvorgängen u.ä. Betriebszuständen auftritt,

werden hierbei die dafür bekannten physikalischen Beziehungen für die rechnerische Ermittlung angesetzt, oder

c) die Betriebskennlinie wird direkt mit der Messung nach 1. ermittelt, indem gleichzeitig mit den Messungen der Drücke  $p_1$  und  $p_2$  und des daraus sich ergebenden Durchflusses  $Q$  auch die Ventilöffnung  $h$  erfaßt und dem Durchfluß  $Q$  zugeordnet wird.

3. Es wird rechnerisch die Funktion zwischen Ventilöffnung  $h$  und dem Stellsignal  $w$  ermittelt (Fig. 7), die mit der nach 2. ermittelten Betriebskennlinie überlagert auf einen linearen Zusammenhang zwischen Durchfluß  $Q$  und Stellsignal  $w$  führt (Fig. 5).

4. Durch Überlagerung der beiden Funktionen nach 2) und 3) ergibt sich eine lineare Funktion  $Q(w)$  für die Durchflußmenge  $Q$  und das Stellsignal  $w$  (Fig. 5).

Es können nun diese gemessenen Drücke  $p_1$  und  $p_2$  entweder per Hand in den Programmspeicher des Stellungsreglers 6 eingegeben werden, es können aber auch die Rechnungen per Hand durchgeführt werden. Es ist alternativ auch möglich, daß der Rechner mit einem entsprechenden Rechenprogramm die durch die Drucksensoren 7 und 8 ermittelten Werte für  $p_1$  und  $p_2$  unmittelbar zugeleitet bekommt und die Rechnungen nach 2) bis 4) ausführt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, daß die Drucksensoren 7 und 8 im Ventil 1 integriert sind. Durch die Verbindung der Drucksensoren 7 und 8 direkt mit dem Rechner erfährt das Ventil und die Anlage eine Selbststeuerung. Die ermittelten Drücke werden, wie oben schon erwähnt, direkt in den Rechner zur Weiterverarbeitung geleitet.

In Fig. 4 ist eine konstruktive Ausführung des Ventils 1 in Verbindung mit dem Stellantrieb 15 und dem Stellungsregler 6 gezeigt. Der Ventilkegel 30 des Ventils 1 ist über die Spindel 16 mit dem Ventilantrieb 15 verbunden, der aus dem Antriebskolben 161 und der Rückstellfeder 18 im wesentlichen besteht. Der Antriebskolben 161 wird zur Verstellung des Ventilkegels 30 über eine Luftanschlußöffnung 29 und eine Luftkammer 28 beaufschlagt. Dieser Stellantrieb 15 ist direkt auf das Ventil 1 zentrisch zur Ventilspindel 16 aufgesetzt.

Auf diesen Stellantrieb 15 ist der Stellungsregler 6 ebenfalls zentrisch zur Ventilspindel 16 aufgesetzt. Dadurch ergibt sich eine sehr kompakte und einfache Bauart ohne zusätzliche Übertragungsteile, die zu Ungenauigkeiten führen. Das zwischen Ventilantrieb 15 und Stellungsregler 6 angeordnete Schauglas 31 mit dem an der Ventilspindel 16 angeordneten Zeiger 32 ermöglicht ein Ablesen der Ventilstellung. Die Ventilspindel 16 wird bis in den Stellungsregler 6 fortgesetzt und trägt an ihrem oberen Ende einen Hubsensor 11. Über dem Hubsensor 11 sind Elektronikplatten 19 angeordnet, die auch den Mikroprozessor 14 des Stellungsreglers 6 enthalten.

Der Hubsensor 11 kann in verschiedener Weise ausgeführt werden. Vorzugsweise ist der Hubsensor 11 als ein magnetisch-induktives System ausgeführt und arbeitet berührungslos. Dies ergibt eine besonders betriebssichere Ausführung, da zum einen keine bewegten Teile, wie z. B. Hebel u. dgl. von außen zugänglich sein müssen, zum anderen ist die Hubfassung verschleißfrei und vibrationsunempfindlich. Dies ist die Voraussetzung für eine genaue und exakte Steuerung und Regelung der Ventilöffnung  $h$ .

Fig. 8 zeigt im einzelnen den Aufbau des magnetisch-induktiv arbeitenden Hubsensors 11. Die Verlängerung der Ventilspindel 16 trägt an ihrem Ende einen Ferritkern 20, welcher in einer Spule 33 entsprechend dem Hub  $h$  des Ventilkegels 30 auf- und abbewegt wird. Entsprechend seiner Stellung innerhalb der Spule 33 wird ein entsprechender Strom oder Spannung induktiv erzeugt als Maß für die Ventilöffnung  $h$ . Eine Besonderheit des Hubsensors 11 besteht darin, daß die Spule 33 eine Primärwicklung 25 und zwei Sekundärwicklungen 26 aufweist, wobei die beiden Sekundärwicklungen 26 koaxial in Reihe angeordnet, aber auch gegeneinander geschaltet sind. D.h. der Ausgang (-) der ersten Sekundärwicklung 26 ist nicht mit dem Eingang (+) der zweiten Sekundärwicklung, sondern mit deren Ausgang (-) verbunden. Durch die Stellbewegung der Ventilspindel 16 wird der Ferritkern (20) innerhalb der Spule (33) positioniert und ein entsprechendes Stromsignal  $I$  induziert. Steht der Ferritkern 20 symmetrisch zwischen den beiden Sekundärspulen 26, so ist das erzeugte Stromsignal null, da sich die Induktion beider Spulen 26 gegeneinander aufhebt. In den Endlagen wird ein Plus- oder Minus-Stromsignal erzeugt. Diese Schaltung hat den Vorzug, daß damit ein annähernd linearer Verlauf des Stromsignals  $I$  zur Ventilöffnung  $h$  erreicht wird, was für die Exaktheit der Regelung von Bedeutung ist, wie eingangs bereits erwähnt.

Fig. 9 zeigt eine andere Ausführung eines solchen berührungslos arbeitenden Hubsensors. Der Hubsensor 111 arbeitet nach einem optischen Prinzip. Am Ende der verlängerten Ventilspindel 16 ist statt des Ferritkernes 20 eine Abdeckblende 23 aufgesetzt. Diese Abdeckblende 23 ist kegelig ausgeführt, damit eine genau rechtwinklige Justierung zum Strahlengang des Lichtes sich erübrigt.

Vor einer Fotozelle 22 ist eine Schlitzblende 24 angeordnet, welche durch die Abdeckblende 23 entsprechend der Hubbewegung  $h$  der Ventilspindel 16 abgedeckt und so das aus der Fotodiode 21 austretende Licht für die Photozelle 22 mehr oder weniger freigegeben wird. Dadurch wird analog zum Lichteinfall und damit der Stellung der Abdeckblende 23 ein photoelektrischer Strom erzeugt, der hier ebenfalls als Maß für die Ventilöffnung  $h$  dient. Durch die Gestaltung der Mantellinie der Abdeckblende 23 kann auch eine Linearisierung der Funktion  $I(h)$  erreicht werden.

Eine besonders zweckmäßige Ausführung des Hubsensors 111 besteht in einer Abwandlung der Fotozelle 22 derart, daß die durch die Schlitzblende 24 tretenden Lichtstrahlen anstatt von einer Fotozelle von einer sehr großen Anzahl kleinster Einzel-Fotoelemente — sog. Fotobits — aufgefangen werden, die digital direktverwertbare Signale abgeben je nachdem, wie viele durch die Stellung der Abdeckblende 23 den durch die Fotodiode 21 ausgesandten Lichtstrahlen ausgesetzt sind. Diese Signale können, ohne sie erst durch Digitalisierung aufbereiten zu müssen, direkt dem Mikroprozessor 14 zur Verarbeitung zugeführt werden. Diese Art der photoelektrischen Abtastung hat außerdem den Vorteil, daß die Messungen unabhängig von der Konstanzhaltung der Lichtintensität sind.

Die beschriebenen berührungslos arbeitenden Hubsensoren können sowohl mit Vorteil bei der Anwendung des eingangs beschriebenen Verfahrens zur Linearisierung der Betriebskennlinie  $Q(h)$  als auch unabhängig davon verwendet werden. Die beschriebenen, nach induktiven als auch nach optischen Prinzipien arbeitenden Hubsensoren tragen zu einer Linearisierung der

Regelgrößen bei, wenn auch, allein angewandt, nur für den Bereich der Hubsensoren.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Ventil
- 2 Verbrauchswiderstand, Wärmetauscher
- 3 Pumpe
- 4 Behälter
- 5 Prozeßregler (reducer)
- 6 Stellungsregler
- 7, 8 Drucksensoren
- 9 Dampfkessel
- 10 Rohrleitung
- 11, 111 Hubsensor
- 12 Sollwert-Eingang
- 13 Aktoren für Ventilantrieb
- 14 Regelelektronik mikroprozessorgesteuert
- 15 Ventilantrieb
- 16 Ventilspindel
- 161 Antriebskolben
- 17 Durchflußsensor
- 18 Rückstellfeder
- 19 Regelelektronik, Leiterplatte
- 20 Ferrit-Kern
- 21 Lichtquelle, Fotodiode
- 22 Fotozelle
- 23 Abdeckblende
- 24 Schlitzblende
- 25 Primärwicklung
- 26 Sekundärwicklung
- 28 Luftkammer
- 29 Luftanschlußöffnung
- 30 Ventilkegel
- 31 Schauglas
- 32 Anzeiger
- 33 Spule
- $h$  Ventilöffnung, Hub.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines in einer Anlage integrierten Ventiles mittels eines Stellungsreglers auf eine gewünschte Durchflußmenge, dadurch gekennzeichnet, daß die nichtlineare Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage festgestellt und in eine lineare Funktion  $Q(f)$  umgewandelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein gezielt nichtlinear wirkendes mechanisches oder elektronisches Übertragungselement zwischen das Stellsignal  $w$  und den Stellungsregler (6) zwischengeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zugehörige Stellsignal  $w$  zur Erreichung eines bestimmten Öffnungshubes  $h$  so gewählt wird, daß eine lineare Funktion  $Q(w)$  entsteht, und das so ermittelte Stellsignal  $w$  dem Stellungsregler (6) zur Steuerung des Ventiles (1) eingegeben wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage durch Messung des Durchflusses  $Q$  als Funktion der Ventilöffnung  $h$  gemessen wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingangsdruck  $p_1$  vor dem Ventil und der Ausgangsdruck  $p_2$  unmittelbar nach dem Ventil (1) als

Funktion der Ventilöffnung  $h$  gemessen und unter Einbeziehung der Werte aus der Kennlinie  $K_v(h)$  des Ventils die Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage rechnerisch ermittelt wird.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellsignal  $w$  zugeordnet zur Ventilöffnung  $h$  so gewählt wird, daß durch Überlagerung dieser Funktion  $w(h)$  mit der Betriebskennlinie  $Q(h)$  ein linearer Zusammenhang  $Q(w)$  zwischen dem Durchfluß  $Q$  und dem Stellsignal  $w$  erhalten wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessenen Werte ( $p_1$  und  $p_2$ ;  $Q$ ) einem Rechner zur Verarbeitung zugeleitet werden, welcher die Funktion  $h(w)$  aus den Meßwerten ( $p_1$ ,  $p_2$ ;  $Q$ ) ermittelt und auf einen Mikroprozessor des Stellungsreglers (6) überträgt.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, mit einem Verbrauchswiderstand (2), einer die Durchströmung der Anlage bewirkendes Mittel (3; 9), einem Ventil (1), welches über einen Stellungsregler (6) betätigt wird, wobei der Stellungsregler einen Sensor zur Erfassung der aktuellen Ventilöffnung  $h$ , einen Sollwerteingang sowie Aktoren (13) zur Ansteuerung des Ventilantriebes (15) und eine mikroprozessorgesteuerte Regelelektronik (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungsregler (6) mit einer Mikroprozessorschaltung ausgerüstet ist, die die Ergebnisse der Ermittlung der Betriebskennlinie der Anlage  $Q(h)$  erfaßt und verarbeitet, und zur Erreichung eines bestimmten Öffnungshubes  $h$  das zugehörige Stellsignal  $w$  so wählt, daß eine lineare Funktion  $Q(w)$  entsteht und das so ermittelte Stellsignal  $w$  dem Stellungsregler (6) zur Steuerung des Ventiles (1) zuführt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß vor und nach dem Ventil (1) Drucksensoren (7, 8) angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Drucksensoren (7, 8) in das Ventil (1) integriert sind.

11. Vorrichtung nach den Ansprüchen 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroprozessorschaltung des Stellungsreglers (6) mit den Drucksensoren (7, 8) verbunden ist und die für die Steuerung des Ventils (1) gemessenen Drücke ( $p_1$ ,  $p_2$ ) zur Ermittlung der Betriebskennlinie  $Q(h)$  der Anlage auswertet.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Rohrleitung (10) der Anlage ein Durchflußmesser (17) angeordnet ist.

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in das Ventil (1) ein Durchflußmesser (17) integriert ist.

14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8, 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroprozessorschaltung des Stellungsreglers (6) die gemessene Durchflußmenge  $Q$  auswertet und die Funktion  $h(w)$  ermittelt und das so ermittelte Stellsignal  $w$  für die Steuerung des Ventils (1) dem Stellungsregler (6) zuleitet.

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungsregler (6) auf dem pneumatischen Antrieb

zentrisch zur Ventilspindel (16) angeordnet ist.

16. Vorrichtung mit einem Verbrauchswiderstand (2), einer die Durchströmung der Anlage bewirkenden Mittel (3; 9), einem Ventil (1), welches über einen Stellungsregler (6) betätigt wird, wobei der Stellungsregler (6) einen Sensor zur Erfassung der aktuellen Ventilöffnung, einen Sollwerteingang sowie Aktoren (13) zur Ansteuerung des Ventilantriebes (15) und eine mikroprozessorgesteuerte Regelelektronik (14) aufweist, insbesondere nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungsregler (6) einen berührungslos arbeitenden Sensor (11; 111) aufweist, durch den die Ventilöffnung  $h$  erfaßt wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubsensor (11) magnetisch-induktiv arbeitet.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubsensor (11) eine Spule (33) aufweist, in welcher ein Ferritkern (20) entsprechend der Stellbewegung für die Ventilöffnung  $h$  eintaucht, die eine Primärwicklung (25) und zwei Sekundärwicklungen (26) beinhaltet, wobei die beiden Sekundärwicklungen (26) koaxial in Reihe angeordnet sind.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Ferritkern (20) entsprechend der Stellbewegung für die Ventilöffnung  $h$  innerhalb der Spule (33) positioniert ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Sekundärspulen (26) gegeneinander geschaltet sind, so daß sich bei symmetrischer Lage des Ferritkernes (20) zu den beiden Sekundärwicklungen (26) die Induktion aufhebt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubsensor (111) eine Fotodiode (21), eine mit der Ventilspindel (16) gekoppelte bewegliche Abdeckblende (23) sowie Mittel zur Aufnahme der von der Fotodiode (21) ausgesandten Lichtstrahlen aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckblende (23) am Ende der verlängerten Ventilspindel (16) angeordnet ist und mit einer Schlitzblende (24) zusammenarbeitet.

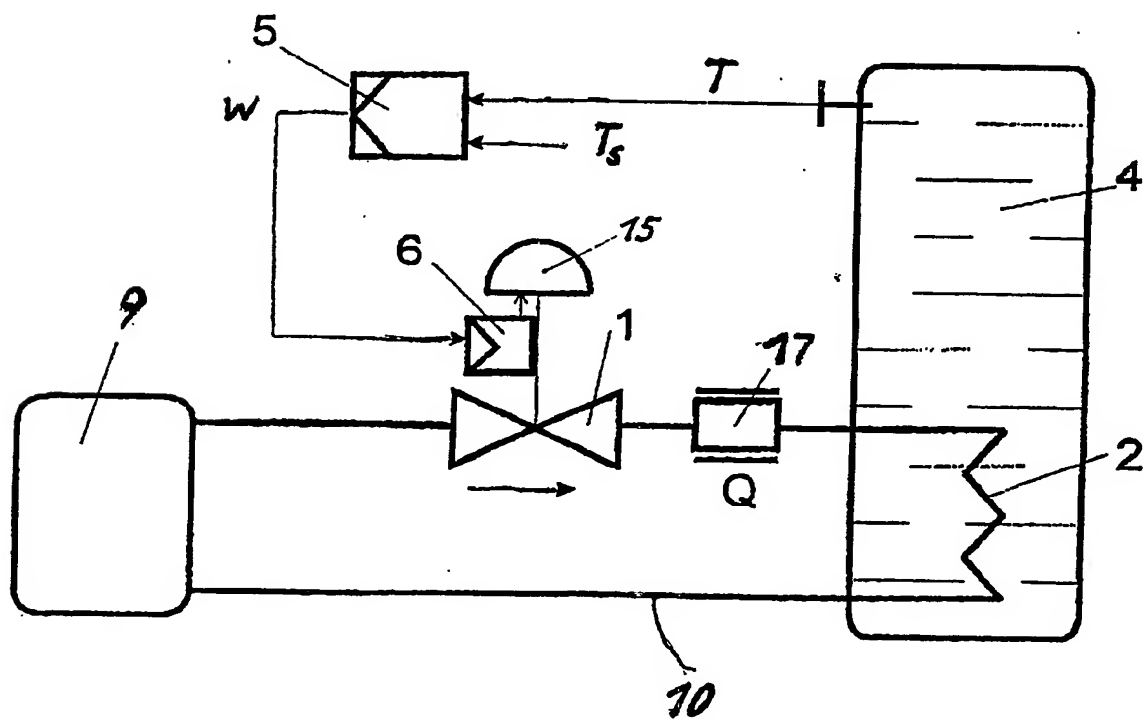
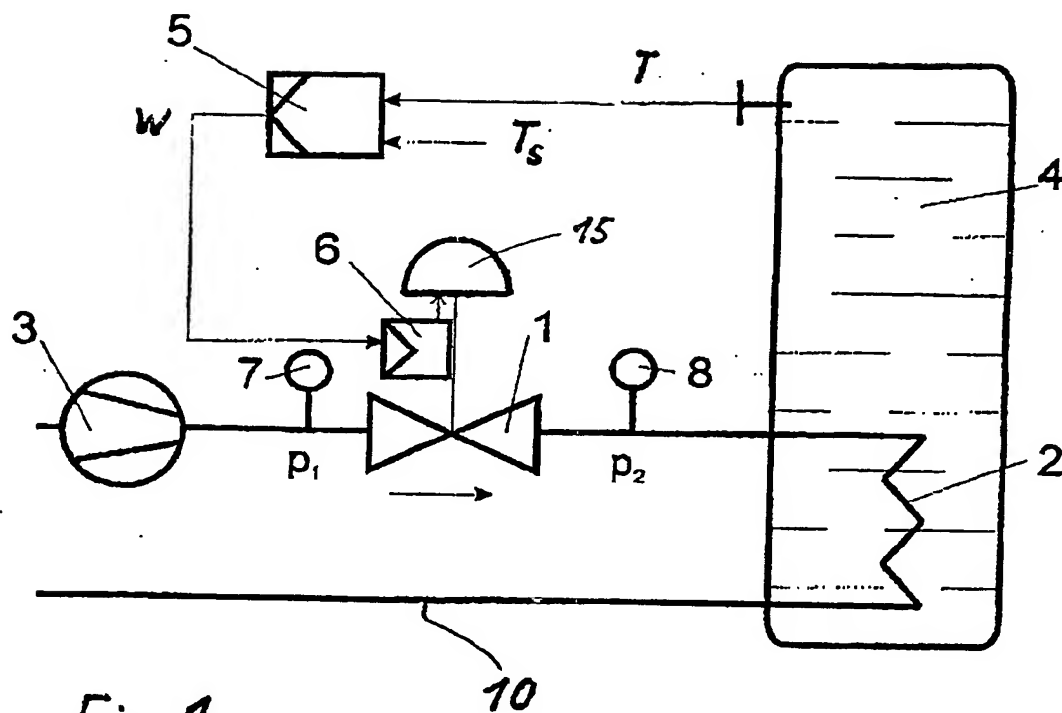
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckblende (23) rotationssymmetrisch ausgebildet ist.

24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckblende (23) so in ihrer Mantellinie gestaltet ist, daß eine Linearisierung der Funktion  $I(h)$  erfolgt.

25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß anstatt einer die Lichtstrahlen der Fotodiode (21) auf fangenden Fotozelle (22) diese in eine sehr große Anzahl von kleinsten Einzel-Photoelementen (Fotobits) aufgeteilt ist, welche digital direktverwertbare Signale abgeben.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Fotobits an den Mikroprozessor (14) des Stellungsreglers (6) angeschlossen sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen



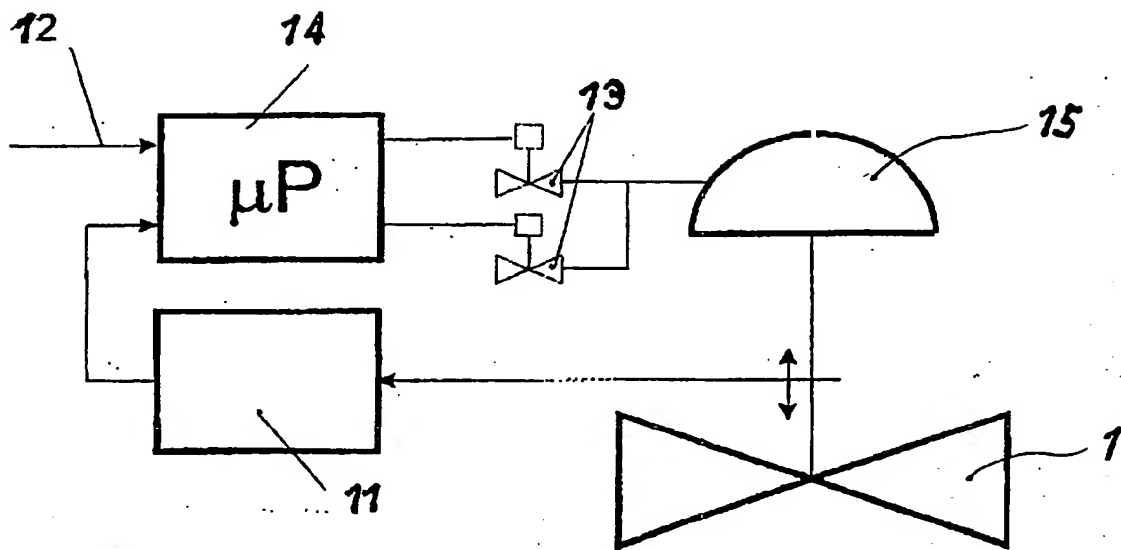


Fig. 3

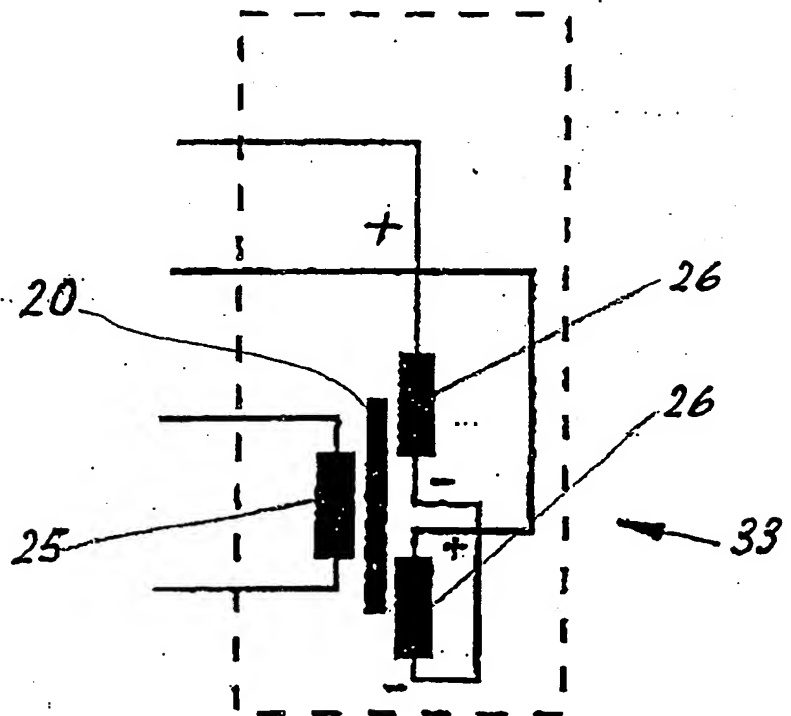
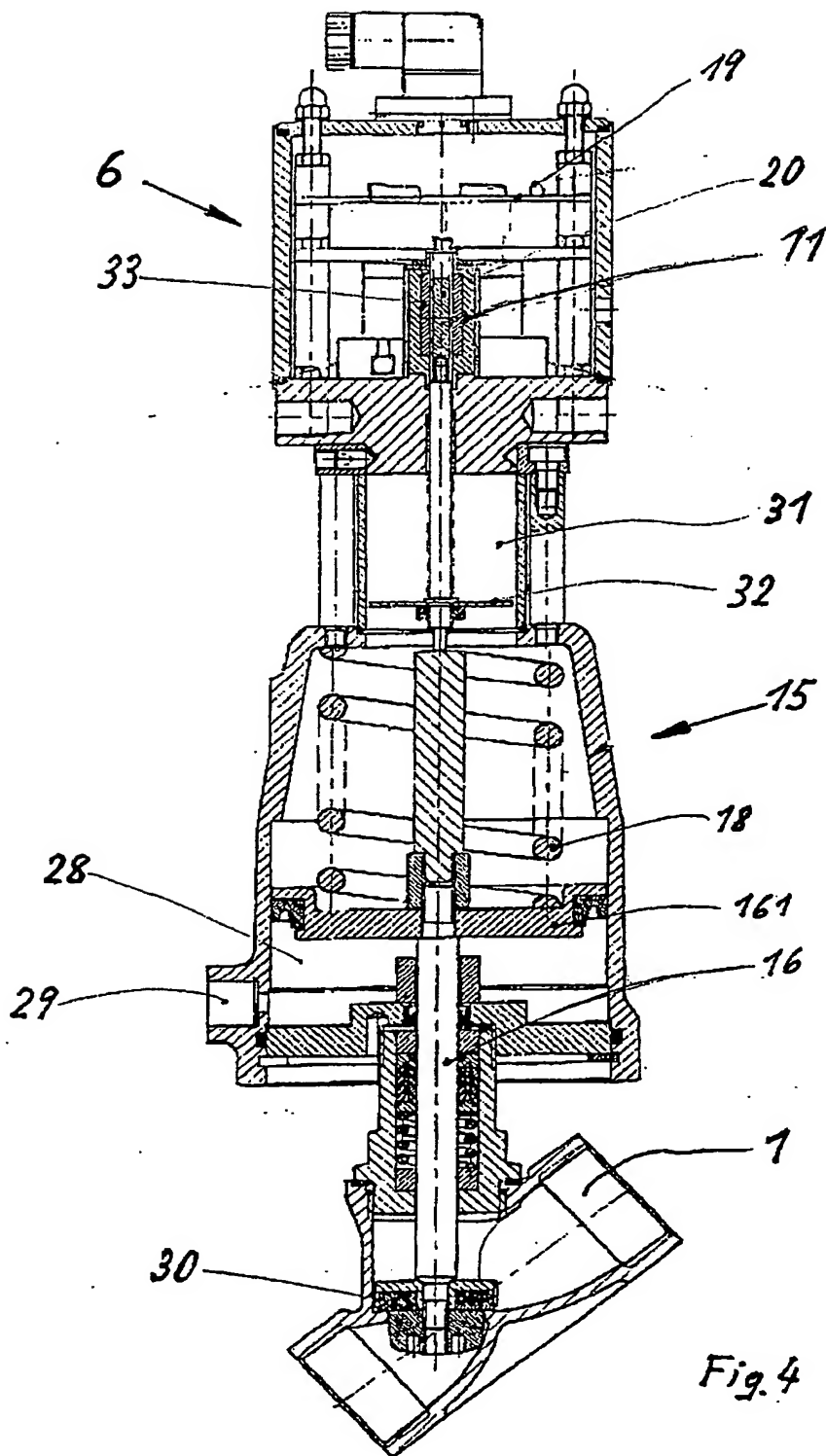


Fig. 8





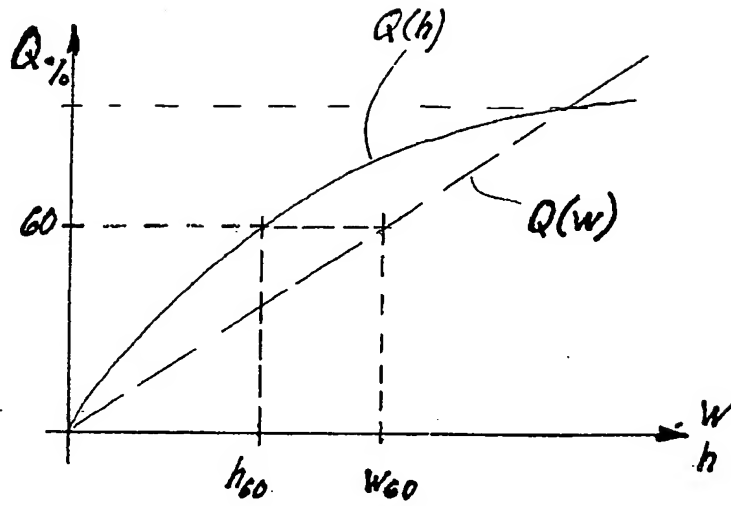


Fig. 5

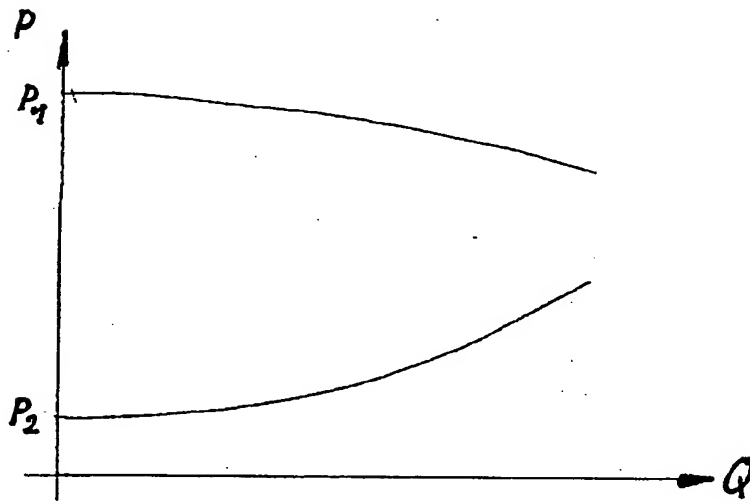


Fig. 6

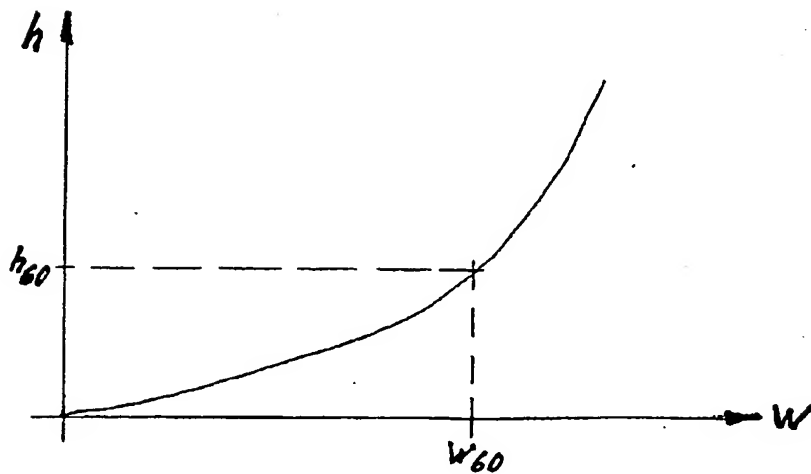


Fig. 7

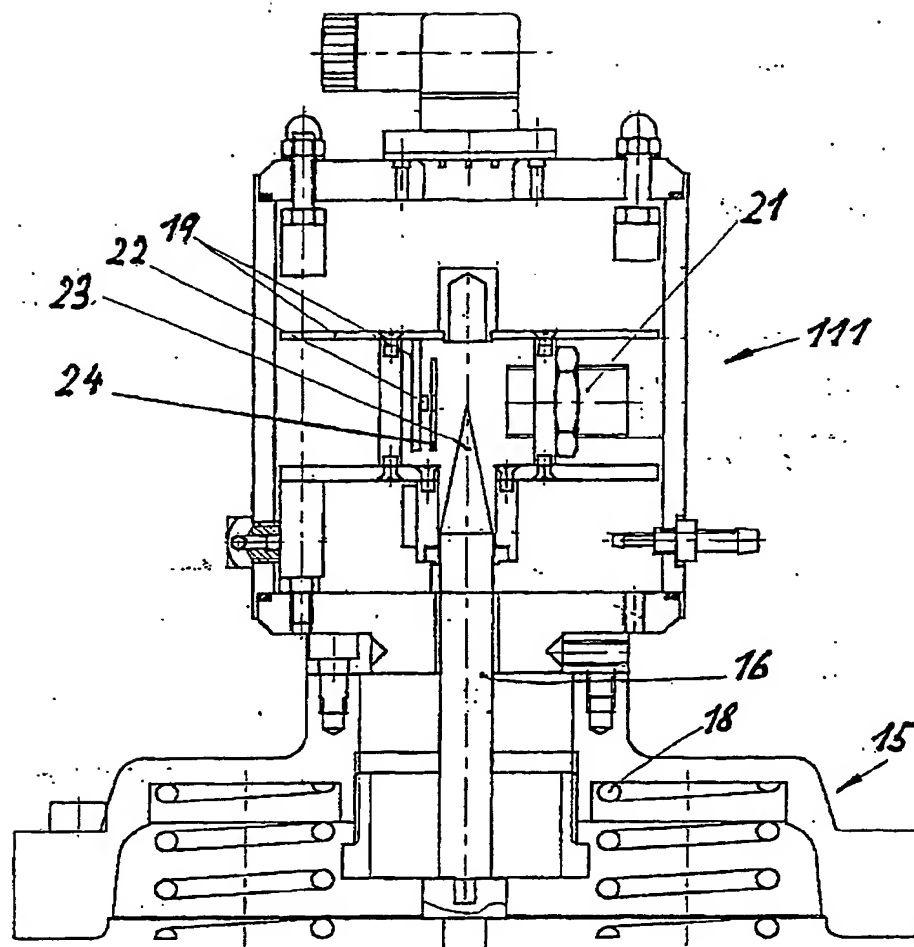


Fig. 9